**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРАВА

«ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ. УСТОЙЧИВОСТЬ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ»

Методические указания
к практическим занятиям

**Казань
2012**

УДК 658.386:006
ББК 38.6-44
К31

К31 Обеспечение безопасности строительно-монтажных работ. Устойчивость грузоподъемных кранов: Методические указания к практическим занятиям / Сост. С.Г.Кашина, Д.К. Шарафутдинов. – Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2012. – 39 с.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного уни верситета

Настоящие методические указания предназначены для освоения методик расчета устойчивости грузоподъемных кранов, применяемых в строительном производстве (в обычных и экстремальных условиях) студентами всех форм обучения.

Использование данных методик возможно как на практических и самостоятельных занятиях, так и при выполнении дипломных проектов.

Табл. 9. Ил. 7. Библиогр. 24 назв. Приложений 8.

УДК 658.386:006
ББК 38.6–44

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2012

ТЕМА: РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Цель занятия: изучение и практическое освоение методик расчета устойчивости грузоподъемных кранов

Задачи занятия

1. Знакомство с основными терминами и определениями Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов
2. Изучение причин, приводящих к потере устойчивости грузоподъемных кранов.
3. Изучение основных параметров, влияющих на устойчивость грузоподъемных кранов.
4. Освоение методик расчета устойчивости кранов:
   - стреловых самоходных;
   - башенных;
   - жестких стреловых;
   - козловых.
5. Оценка обеспечения грузовой и собственной устойчивости грузоподъемных кранов.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	Определение
1	2
Кран грузоподъемный	Грузоподъемная машина, оснащенная стационарно установленными грузоподъемными механизмами
Кран стреловой	Кран поворотный, у которого стрела или башенно-стреловое оборудование закреплены на поворотной платформе, размещенной непосредственно на ходовом устройстве (автомобильный, пневмоколесный, на специальном шасси, гусеничный, тракторный)
Кран башенный	Кран поворотный со стрелой, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни
Кран козловой	Кран, у которого мост опирается на крановый путь при помощи двух опорных стоек
Кран мачтовый жестконогий	Кран мачтовый с закреплением верха мачты посредством жестких тяг
Кран настенный	Кран, прикрепленный к стене либо перемещающийся по крановому пути, закрепленному на стене или несущей конструкции
Момент грузовой	Произведение величин грузоподъемности и соответствующего ей вылета
Момент грузовой опрокидывающий	Произведение величин грузоподъемности и соответствующего вылета от ребра опрокидывания
Общая масса	Полная масса крана в заправленном состоянии с балластом и противовесом
Вылет	Расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части до вертикальной оси грузозахватного органа при установке крана на горизонтальной площадке
Вылет рабочий	Вылет, определенный с грузом на крюке
Скорость подъема (опускания) груза	Скорость вертикального перемещения рабочего груза в установившемся режиме движения

1	2
Частота вращения	Угловая скорость вращения поворотной части крана в установившемся режиме движения. Определяется при наибольшем вылете с рабочим грузом при установке крана на горизонтальной площадке и скорости ветра не более 3 м/с на высоте 10 м
База выносных опор	Расстояние между вертикальными осями выносных опор, измеренное вдоль пути
Расстояние между выносными опорами	Расстояние между вертикальными осями выносных опор, измеренное поперек пути
Контур опорный	Контур, образуемый горизонтальными проекциями прямых линий, соединяющих вертикальные оси опорных элементов крана (колес или выносных опор)
Устойчивость крана	Способность крана противодействовать опрокидывающим моментам
Устойчивость грузовая	Способность крана противодействовать опрокидывающим моментам, создаваемым массой груза, силами инерции, ветровой нагрузкой рабочего состояния и другими факторами
Устойчивость собственная	Способность крана противодействовать опрокидывающим моментам при нахождении крана в рабочем (в том числе без груза) и нерабочем состояниях

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Используемые при производстве различных видов работ грузоподъемные краны во многом определяют характер и условия производства. В то же время они являются объектом повышенной опасности, и их безопасная работа во многом влияет на безопасную работу в целом.

Грузоподъемные краны обладают высокой степенью устойчивости как в рабочем, так и в нерабочем состоянии.

Устойчивость крана – способность крана противодействовать опрокидывающим моментам.

Причинами, влияющими на потерю устойчивости кранов, следствием которой является опрокидывание крана, являются:

- неподготовленность площадки, на которой работает кран;
- установка крана на площадке, имеющей уклон, превышающий допустимый, указанный в паспорте крана;
- неисправность кранового пути;
- перегрузка крана, возникающая при подъеме груза неизвестной массы или массы, превышающей допустимую грузоподъемность крана;
- подъем груза при скорости ветра более 10 – 15 м/с и др.

Подготовка площадки до установки грузоподъемных кранов на месте производства работ включает:

1) изучение несущих характеристик грунта;

2) срезку растительного слоя и очистку;

3) планировку площадки с уклоном, не превышающим предельного угла наклона грузоподъемного крана, указанного в его паспорте и уплотнение грунта.

4) устройство подъездных путей;

5) устройство основания для кранового пути башенных кранов.

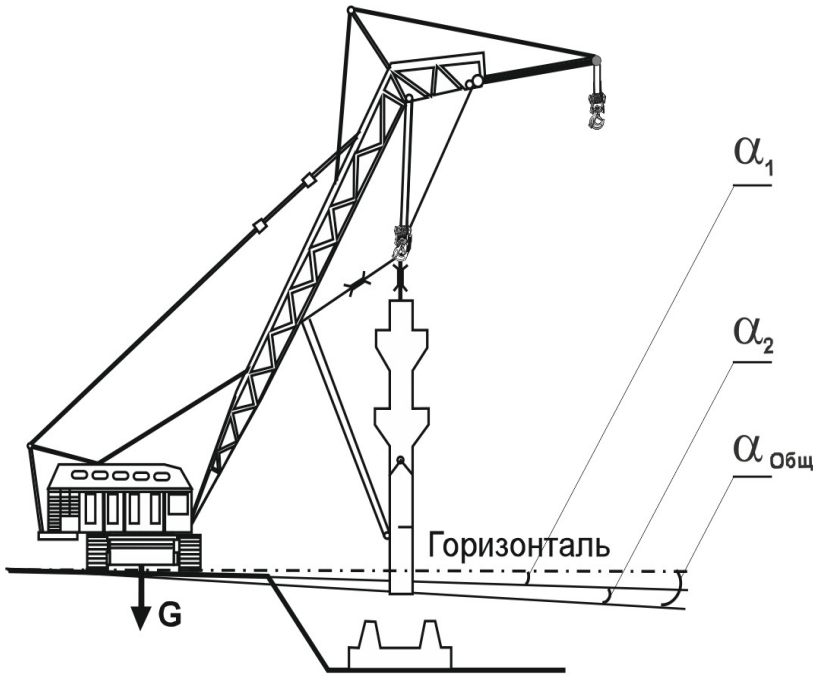


Рис.2.1. Предельный угол наклона крана

Предельный угол наклона крана – сумма угла наклона площадки и угла осадки крана.

Предельный угол наклона грузоподъемного крана ($\boldsymbol{\alpha_{общ}}$), при котором обеспечивается его устойчивость, составляет не более 3°. Ве-

личина $\alpha_{общ}$ зависит от массы крана, размеров рабочего оборудования и модуля деформации грунта, на котором установлен кран. Поэтому

$$\alpha_{общ} = \alpha_1 + \alpha_2 \leq 3^\circ, \qquad (2.1)$$

где α_1 – угол наклона площадки, а α_2 – угол осадки крана (рис. 2.1).

Устройство земляного полотна под крановые пути выполняется после проведения всех работ по прокладке инженерных сетей и коммуникаций.

Уклоны земляного полотна должны составлять:

- продольный – более 0,003;
- поперечный уклон – 0,008 – 0,01 в сторону от обслуживаемого объекта.

Земляное полотно должно выполняться:

- длиной, превышающей длину рельсовой нитки на 1 м в каждую сторону.
- толщиной, в зависимости от нагрузки на колесо крана, вида грунтового основания, и конструкции крановых путей.

Крановый путь для башенного крана выполняется по проекту специализированной организации или изготовителя крана.

Крановые пути оборудуются:

- тупиковыми упорами – на концах кранового пути (на расстоянии не менее 0,5 м). Они устанавливаются с целью гашения остаточной скорости крана и предотвращения его схода с концевых участков кранового пути в аварийных ситуациях, при отказе ограничителя передвижения или тормозов механизма передвижения крана;
- фиксирующими элементами (стяжки – распорки): в поперечном направлении, устанавливаемыми в начале и конце рельсового пути, а в промежутке – не менее одного на инвентарную секцию или с шагом не более 6,25 м;
- ограничителями передвижения для отключения двигателя механизма передвижения крана на расстоянии не менее тормозного пути до тупикового упора;
- заземлением.

Крановый путь проходит:

- обкатку;
- сдачу-приемку.

Обкатка пути производится:

- не менее 10 раз краном без груза;
- не менее 5 раз с максимальным рабочим грузом.

При готовности к эксплуатации оформляется акт сдачи-приемки пути или акт комплексного обследования крановых путей.

Во избежание потери устойчивости грузоподъемного крана при подъеме и перемещении грузов должны быть также выполнены следующие условия:

- грузозахватные приспособления соответствуют массе и характеру поднимаемого груза и технологической карте;
- стропы имеют длину, обеспечивающую угол между ветвями не более 90° (Приложение 7);
- масса перемещаемого груза соответствует массе груза по списку или маркировке, указанной на грузе. При отсутствии вышеуказанных данных масса поднимаемого груза определяется по формулам (Приложение 8) под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ грузоподъемными кранами.

При подъеме и перемещении груза стропальщик должен:

- подать сигнал для подъема груза на высоту 200 – 500 мм, затем проверить правильность строповки, равномерность натяжения стропов, устойчивость крана, действие тормозов и только после этого подать сигнал о подъеме груза на необходимую высоту. При необходимости перестроповки груз должен быть опущен;
- перед подъемом груза стреловыми кранами убедиться (по указателю грузоподъемности) в том, что установленный крановщиком вылет соответствует массе поднимаемого груза.

Запрещается производить подъем и перемещение грузов, масса которых неизвестна или превышает грузоподъемность крана.

Устойчивость от опрокидывания свободно стоящего на рабочей площадке стрелового грузоподъемного крана также зависит от размеров его опорного контура.

Опорный контур – контур, образуемый горизонтальными проекциями прямых линий, соединяющих вертикальные оси опорных элементов крана (рис.2.2а).

Отличительной особенностью стреловых кранов являются подъем и перемещение груза в зоне, выходящей за пределы опорного контура крана. Действующие на кран внешние нагрузки создают относительно одного из краев опорного контура (ребра опрокидывания) опрокидывающий момент

При опрокидывании совершается работа по подъему центра тяжести крана. Значения действующих моментов определяются относительно ребра опрокидывания.

Ребро опрокидывания крана – прямая линия, проведенная между центрами контакта опорных поверхностей опорного контура, относительно которой происходит опрокидывание крана (рис.2.2б).

Положение ребра опрокидывания зависит от конструктивных особенностей ходовой части крана.

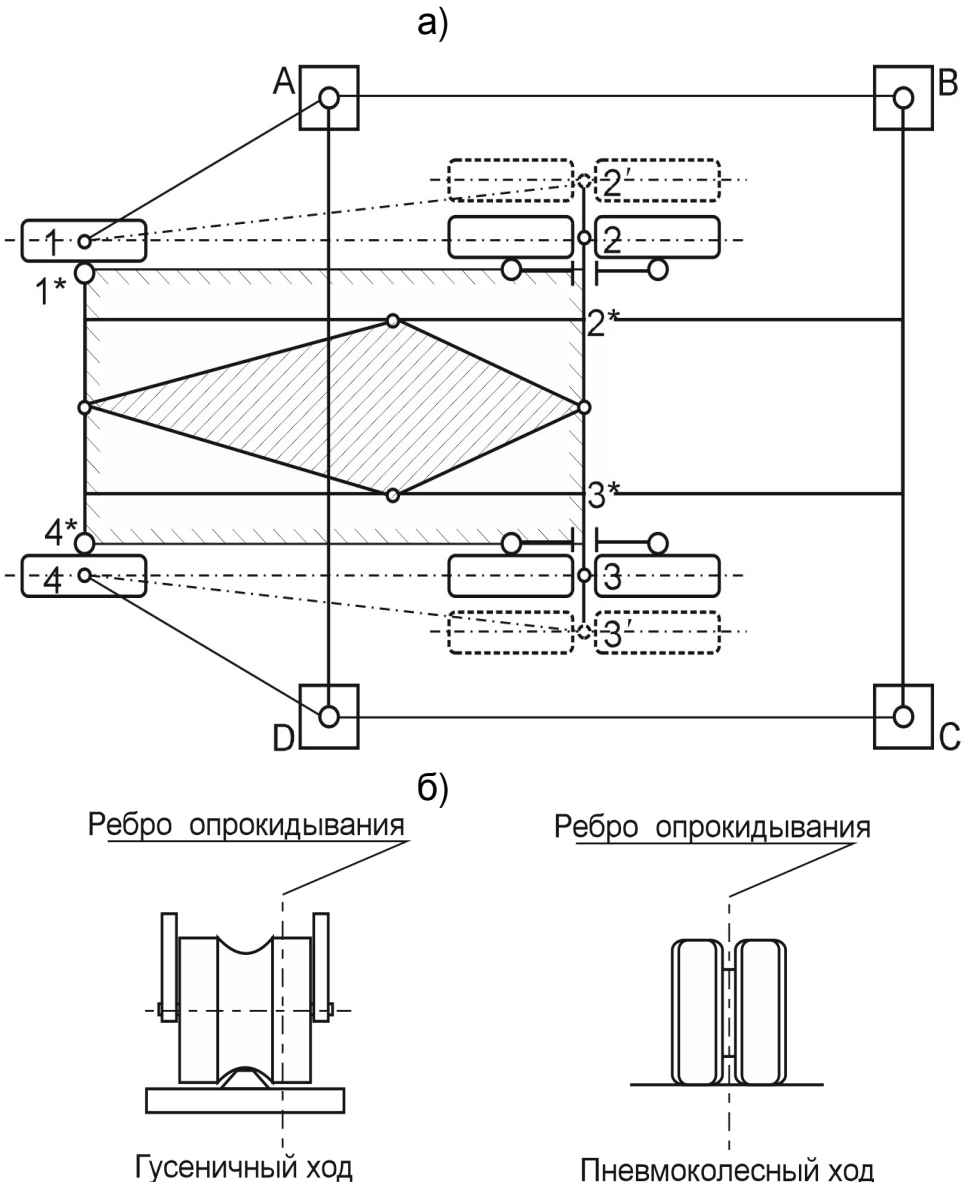


Рис.2.2. Опорный контур и ребро опрокидывания стрелового крана

При работе стрелового крана, установленного на шасси с пневмоколесами без выносных опор, опорный контур образуется центрами поверхностей контакта передних и задних колес шасси с поверхностью рабочей площадки, а при работе на выносных опорах – центрами опорных поверхностей выносных опор. В качестве дополнительных опор внутри опорной площадки можно использовать ходовые колеса (контур А – 1 – 4 – Д рис.2.2а,б). При жесткой подвеске задних осей или при блокированных рессорах подвески свободно стоящего стрелового крана, как и в случае идеальных условий опирания сдвоенного колесного хода, образуется опорная поверхность 1 – 2 – 3 – 4. Для сдвоенных пневматических шин действительными точками соприкосновения с грунтом внешних колес являются точки 1 – 2' – -3' – 4. Если кран рабо-

тает с подрессоренными (не блокированными) ходовыми осями, то контур опирания образован линиями, соединяющими точки крепления рессор (1* – 2* – 3* – -4*). При перемещении груза на крюке центр масс подрессоренной части крана должен оставаться внутри заштрихованной центральной поверхности (рис.2.2а).

При работе стрелового крана на гусеничном ходу опорный контур образуется внешней нижней поверхностью гусеничного катка с гусеничным траком (рис.2.2 б).

При проверке устойчивости башенных кранов поперек подкранового пути ребро опрокидывания проходит по середине головки рельса. При проверке устойчивости вдоль подкрановых путей этих кранов с заторможенными ходовыми колесами за ребро опрокидывания принимается линия, соединяющая опорные точки ходовых колес или оси балансиров, расположенные под соответствующими опорами крана.

Кран без груза на крюке устойчив, пока сила тяжести, действующая из его центра тяжести, не выходит за пределы опорного контура.

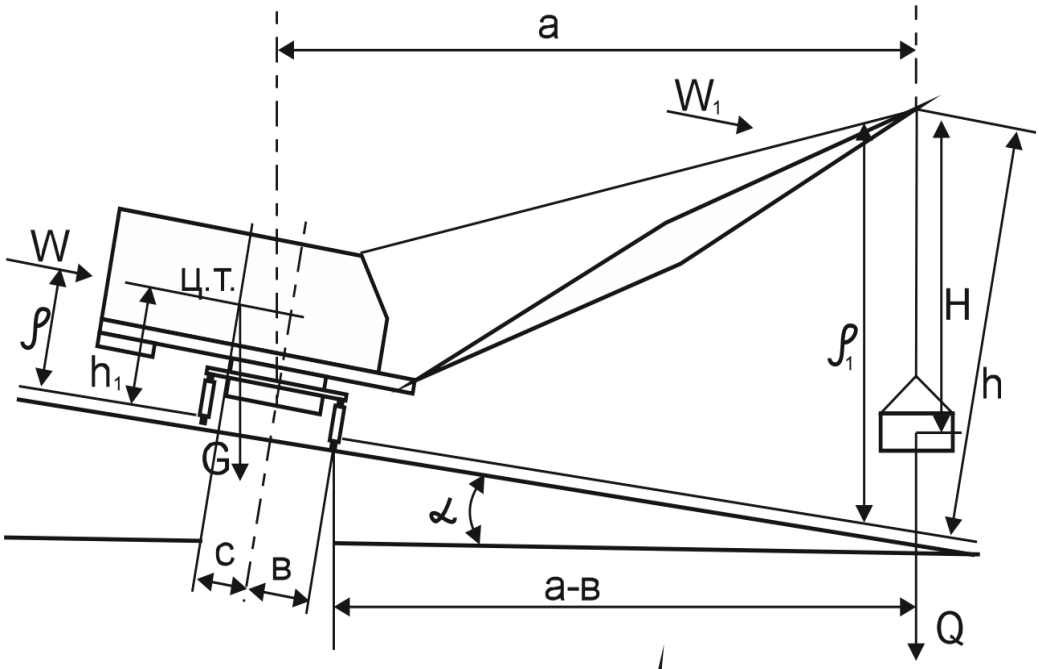
При воздействии на кран внешних сил его устойчивость зависит не только от величины этих сил, но и места их приложения. Чем дальше от ребра опрокидывания находится сила, тем больше эффект от ее воздействия.

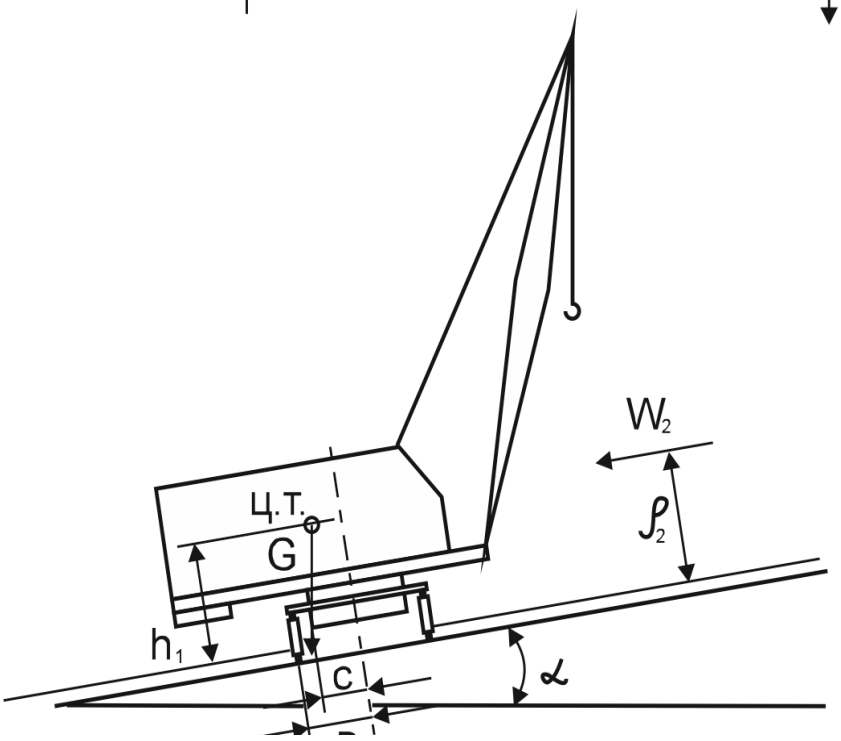
Грузоподъемные краны устанавливаются на прочные основания на все имеющиеся выносные опоры. Под опоры подкладываются прочные и устойчивые инвентарные подкладки.

Расчет устойчивости крана производится с учетом того, что во время работы на свободно стоящий грузоподъемный кран воздействуют:

- масса крана;
- масса поднимаемого груза;
- инерционные силы, возникающие в периоды пуска и торможения механизмов;
- сила ветра, его скорость и направление;
- центробежная сила, возникающая при вращении поворотной части крана.

Одна часть перечисленных сил (например, масса груза) стремится опрокинуть, а другая (масса крана) – удержать кран от опрокидывания. Остальные силы в зависимости от условий работы крана могут быть как опрокидывающими, так и удерживающими (сила ветра, сила инерции).





б)

Рис.2.3. Расчетная схема грузовой (а) и собственной (б) устойчивости стрелового крана

В соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» расчет производится для двух видов устойчивости:

- грузовой (рис.2.3а);
- собственной (рис.2.3б).

Обязательным условием, обеспечивающим грузовую устойчивость грузоподъемного крана, является

$$M_п > M_г, \qquad (2.2)$$

где $M_п$ – момент всех основных и дополнительных нагрузок, действующих на кран относительно ребра опрокидывания с учетом наибольшего допускаемого уклона пути, Н·м;

$M_г$ – момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания, Н·м.

Степень устойчивости крана в рабочем состоянии определяется коэффициентом грузовой устойчивости.

Коэффициент грузовой устойчивости (K_1) – это отношение момента, создаваемого массой всех частей крана с учетом ветровых и инерционных нагрузок и уклона площадки, к моменту, создаваемому рабочим грузом относительно ребра опрокидывания:

$$K_1 \le \frac{M_п}{M_г}. \qquad (2.3)$$

При учете всех дополнительных нагрузок, действующих на кран в процессе работы и на уклоне пути, коэффициент грузовой устойчивости определяется из двух положений стрелы крана: перпендикулярно ребру опрокидывания и под углом 45° к нему. В этом случае минимальная величина K_1 =1.15.

Без учета дополнительных нагрузок и уклона пути K_1=1.4.

Степень устойчивости крана в нерабочем состоянии определяется коэффициентом собственной устойчивости.

Коэффициент собственной устойчивости (K_2) – это отношение момента, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом уклона рабочей площадки в сторону опрокидывания, к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра опрокидывания. Минимальная величина K_2 =1.15 .

Имеющиеся у крана дополнительные опоры и стабилизаторы при определении собственной устойчивости во внимание не принимаются. Вес нижних ветвей гусеничных лент и других узлов и деталей, не участвующих в удержании крана от опрокидывания, не учитывается.

3. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СТРЕЛОВОГО САМОХОДНОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА

Задача 1. Проверить грузовую (рис.2.3а) и собственную (2.3б) устойчивости стрелового крана. Исходные данные для расчета следует взять из таблицы приложения 1 согласно варианту.

Порядок расчета

Грузовая устойчивость стрелового крана обеспечивается при условии:

$$K_1 = \frac{G[(в+c)\cos\alpha - h_1 \sin\alpha] - \frac{Qn^2 ah}{900 - n^2 H} - \frac{QV}{gt}(a-в) - W\rho - W_1\rho_1}{Q(a-в)} \le \frac{M_п}{M_г} \quad (3.1)$$

где $M_п$ – удерживающий момент, Н·м;

$M_г$ – опрокидывающий момент, Н·м.

1. Определяется опрокидывающий (грузовой) момент:

$$M_г = Q \cdot (a - в), \text{ Н·м}, \quad (3.2)$$

где **Q** – вес наибольшего рабочего груза, Н;

а – расстояние от оси вращения крана до центра тяжести наибольшего рабочего груза, подвешенного к крюку, при установке крана на горизонтальной плоскости, м;

в – расстояние от оси вращения до ребра опрокидывания, м.

2. Определяется удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок по формуле:

$$M_п = M_в^* - M_у - M_{ц.с.} - M_и - M_в, \text{ Н·м}, \quad (3.3)$$

где $M_в^*$ – восстанавливающий момент от действия собственного веса крана:

$$M_в^* = G(в + c)\cos\alpha, \text{ Н·м}, \quad (3.4)$$

где G – вес крана, Н;

c – расстояние от оси вращения крана до его центра тяжести, м;

α – угол наклона пути крана, град. (для передвижных стреловых кранов, а также кранов-экскаваторов $\alpha=3^o$ – при работе без выносных опор и $\alpha=1.5^o$ – при работе с выносными опорами; для башенных кранов $\alpha=2^o$ – при работе на временных путях и $\alpha=0^o$ – при работе на постоянных путях).

Момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути (M_y), определяется по формуле:

$$M_y = Gh_1 \sin\alpha, \text{ Н·м}, \qquad (3.5)$$

где h_1 – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м.

Момент от действия центробежных сил:

$$M_{ц.с} = \frac{(Qn^2ah)}{900 - n^2H}, \text{ Н·м}, \qquad (3.6)$$

где n – частота вращения крана вокруг вертикальной оси, мин$^{-1}$;

h – расстояние от оголовка стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

H – расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести подвешенного груза (при проверке на устойчивость груз поднимают над землей на 20 – 30 см).

Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза (M_u):

$$M_u = \frac{QV(a - в)}{gt}, \text{ Н·м}, \qquad (3.7)$$

где V – скорость подъема груза (при наличии свободного опускания груза расчетную скорость принимают равной 1.5 м/с), м/с;

g – ускорение свободного падения, равное 9.81 м/с^2;

t – время неустановившегося режима работы механизма подъема (время торможения груза), с.

Ветровой момент ($M_в$):

$$M_в = M_{в.к.} + M_{в.г.} = W\rho + W_1\rho_1, \text{ Н·м}, \qquad (3.8)$$

где $M_{в.г.}$ – момент от действия ветровой нагрузки на подвешенный груз, Н·м;

$M_{в.к.}$ – момент от действия ветровой нагрузки на кран, Н·м;

W – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, Н;

W_1 – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, Н;

$\rho = h_1$ и $\rho_1 = h$ – расстояния от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м.

Ветровая нагрузка на грузоподъемные краны, эксплуатируемые на открытом воздухе, определяется по ГОСТ 1451-77 «Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая».

$$W = g_н^c F, \text{ Н}, \qquad (3.9)$$

где F – наветренная поверхность крана, м^2;

$g_н^c$ – статическая составляющая ветровой нагрузки, Па (Н/м^2):

$$g_н^c = g_o K_g C_a n_{пер}, \text{ Н/м}^2, \qquad (3.10)$$

где g_o – скоростной напор (динамическое давление), принимаемый в зависимости от района строительства (см. табл. 3.1), Н/м^2;

K_g – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте, принимаемый с учетом типа местности (см. табл. 3.2);

C_a – аэродинамический коэффициент сопротивления (для сплошных балок и ферм прямоугольного сечения C_a=1,49; для прямоугольных кабин машинистов, противовесов, оттяжек кранов и т. п. C_a= 1,2, для конструкций из труб диаметром 170 мм C_a= 0,7 и диаметром 140–170 мм C_a= 0,5); $n_{пер}$ – коэффициент перегрузки ($n_{пер}$=1,1 для нерабочего состояния крана; $n_{пер}$= 1,0 для рабочего состояния).

Таблица 3.1

Значения скоростного напора g_o в зависимости от района строительства

Район строительства	I	II	III	IV	V	VI	VII
Скоростной напор g_o, Па (Н/м^2)	270	350	450	550	700	850	1000

Примечание: При расчете грузовой устойчивости кранов давление ветра для большинства районов страны принимают: для самоходных кранов – 250 Па, для высоких башенных кранов – 150 Па. При высоте крана 20–100 м g_o определяется интерполяцией. Общая высота крана разбивается на зоны высотой 20 м, в пределах каждой зоны значение g_o принимается постоянным и определяется по высоте средней точки зоны.

Таблица 3.2

Значение коэффициента K_g

Район строительства	Значение K_g при высоте над поверхностью земли						
	10	20	40	60	100	200	350
Открытая местность	1	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6	3,1
Местность покрытая препятствиями высотой более 10 м	0,65	0,9	1,2	1,45	1,8	2,45	3,1

Наветренная поверхность крана (F) определяется по формуле

$$F = F_1^* a_{зап}^1 + F_2^* a_{зап}^2, \text{ м}^2, \qquad (3.11)$$

где F_1^* – наветренная площадь контура, ограниченная кабиной крана, противовесом (сплошным габаритом крана), м^2;

F_2^* – наветренная площадь контура стрелы крана, м^2;

$a_{зап}^1$ =1 – коэффициент заполнения для сплошных конструкций крана;

$a_{зап}^2$ =0.3 – 0.4 – для решетчатых конструкций крана (стрелы).

Таблица 3.3.

Значения $F_{груза}^*$ в зависимости от номинального веса груза

Q, т	$F_{груза}^*$, м^2	Q, т	$F_{груза}^*$, м^2	Q, т	$F_{груза}^*$, м^2
0,05	0,5	**1,25**	3,2	**12,50**	12,0
0,10	0,8	**1,60**	3,6	**16,00**	14,00
0,20	1,0	**2,00**	4,4	**20,00**	16,00
0,25	1,4	**2,50**	5,0	**25,00**	18,00
0,32	1,6	**3,20**	5,6	**32,00**	20,00
0,40	1,8	**4,00**	6,3	**40,00**	22,00
0,50	2,0	**5,00**	7,1	**50,00**	25,00
0,63	2,2	**6,30**	8,0	**63,00**	28,00
0,80	2,5	**8,00**	9,0	**80,00**	32,00
1,00	2,8	**10,00**	10,0	**100,00**	36,00

Ветровая нагрузка, действующая на наветренную сторону груза, определяется по формуле:

$$W_1 = g_н^c F_{груза}^*, \text{ Н}, \qquad (3.12)$$

где $F_{груза}^*$ – наветренная площадь груза, определяемая по действительной площади наибольших грузов, поднимаемых краном, или по табл. 3.3, рекомендуемой ГОСТ 1451 – 77, в зависимости от номинального веса груза. Ветровую нагрузку на груз следует принимать не менее 500 Н.

3. Определяется коэффициент грузовой устойчивости крана, не предназначенного для перемещения с грузом, по формуле:

$$K_1 = \frac{M_п}{M_г} \geq 1{,}15. \qquad (3.13)$$

4. Определяется коэффициент собственной устойчивости стрелового крана (коэффициент устойчивости без рабочего груза, в сторону, противоположную стреле) по формуле:

$$K_2 = \frac{G[(в - c)\cos\alpha - h_1 \sin\alpha}{W_2 \rho_2} \geq 1{,}15, \qquad (3.14)$$

где W_2 – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на подветренную площадь крана при нерабочем состоянии, Н;

ρ_2 – расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура до центра приложения ветровой нагрузки, м ($\rho_2 = h_1$).

Динамическое давление (g_o^1) и скорость ветра для нерабочего состояния крана на высоте 10 м над поверхностью земли, вне зависимости от района установки, но с учетом назначения крана, принимается по табл. 3.4.

$$W_2 = g_н^c F^{**}, \text{ Н}, \qquad (3.15)$$

где

$$g_н^c = g^*{}_o K_g C_a h_{пер}, \text{ Н/м}^2, \qquad (3.16)$$

$$F^{**} = F_1^{**} a_{зап}^1 + F_2^{**} a_{зап}^2, \text{ м}^2, \qquad (3.17)$$

где F^{**} – подветренная площадь контура крана, м^2;

F_1^{**} – подветренная поверхность площади крана, ограниченная сплошным габаритом;

F_2^{**} – подветренная поверхность контура стрелы крана, м^2. Расчет собственной устойчивости производится с учетом условия, что кран не установлен на выносные опоры.

Таблица 3.4

Значения V и g_o^1

Назначение кранов	Скорость ветра, V, м/с	Динамическое давление, g_o^1, Па (Н/м^2)
Краны: строительные, монтажные, для полигонов железобетонных изделий, штучных грузов, а также стреловые самоходные общего назначения	14,0	125

5. Оцениваются грузовая и собственная устойчивости стрелового самоходного грузоподъемного крана и делаются выводы.

4. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ БАШЕННЫХ КРАНОВ

Устойчивость башенных кранов проверяется по тем же формулам, что и для самоходных кранов. Расчетная схема устойчивости башенных кранов приведена на рис. 4.1.

Числовые значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости определяют при направлении стрелы, перпендикулярном линии опрокидывания, без учета действия рельсовых захватов. Коэффициент собственной устойчивости крана определяют при наименьшем вылете стрелы.

При ураганном ветре кран расчаливают или крепят грузовым полиспастом к якорю (рис.4.2.).

При расчаливании крана уравнение устойчивости имеет вид:

$$K_2 M_o \le M_y Sr, \qquad (4.1)$$

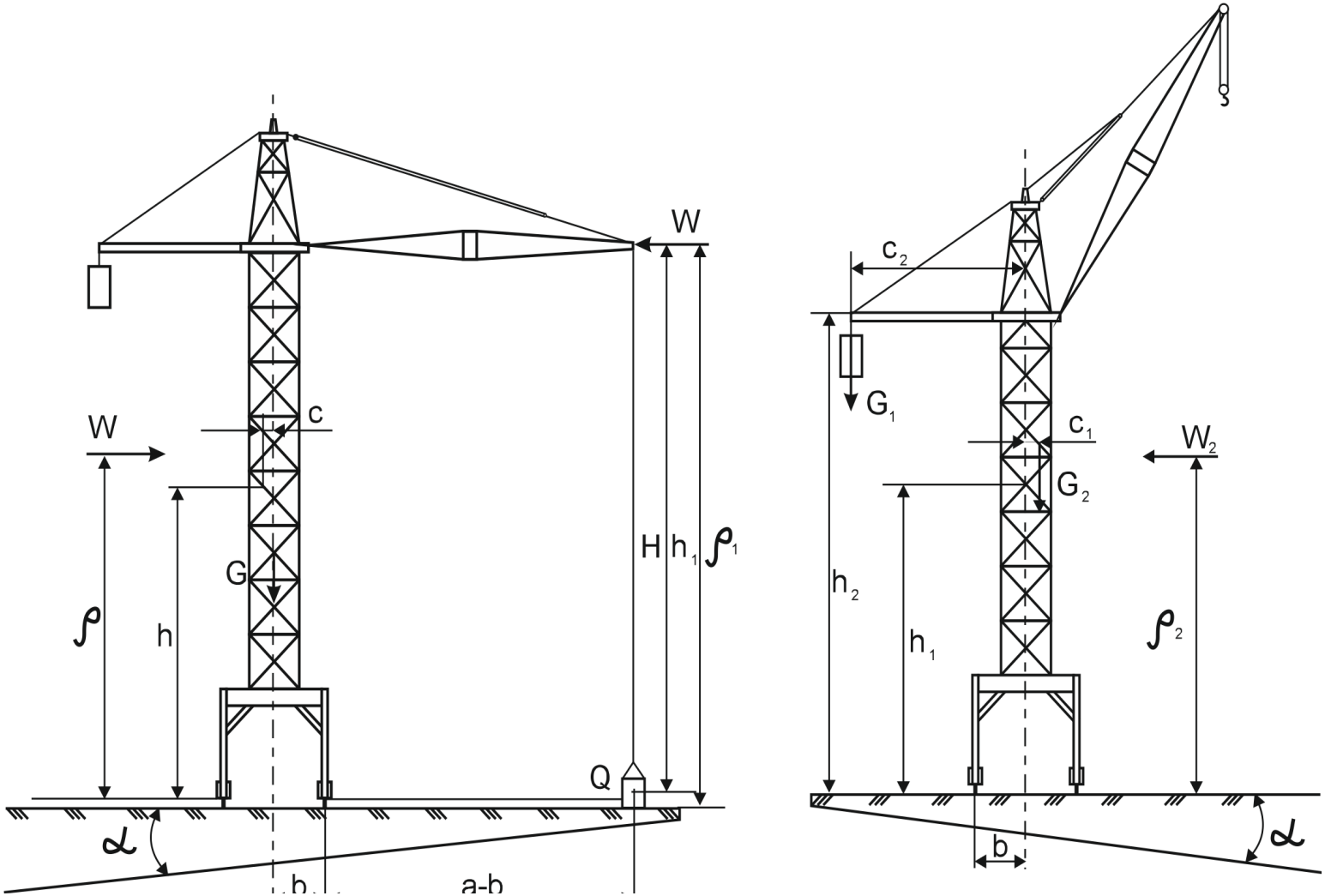
где K_2 – коэффициент собственной устойчивости, принимаемый равным 1.15;

M_o – момент, создаваемый ветровой нагрузкой, Н·м;

M_y – момент, создаваемый весом всех частей крана относительно ребра опрокидывания A, с учетом уклона пути в сторону опрокидывания, Н·м;

S – усилие в расчалках, Н;

r – плечо усилия, м.



а) б)

Рис.4.1.Расчетная схема устойчивости башенного крана с грузом (а) и без груза (б)

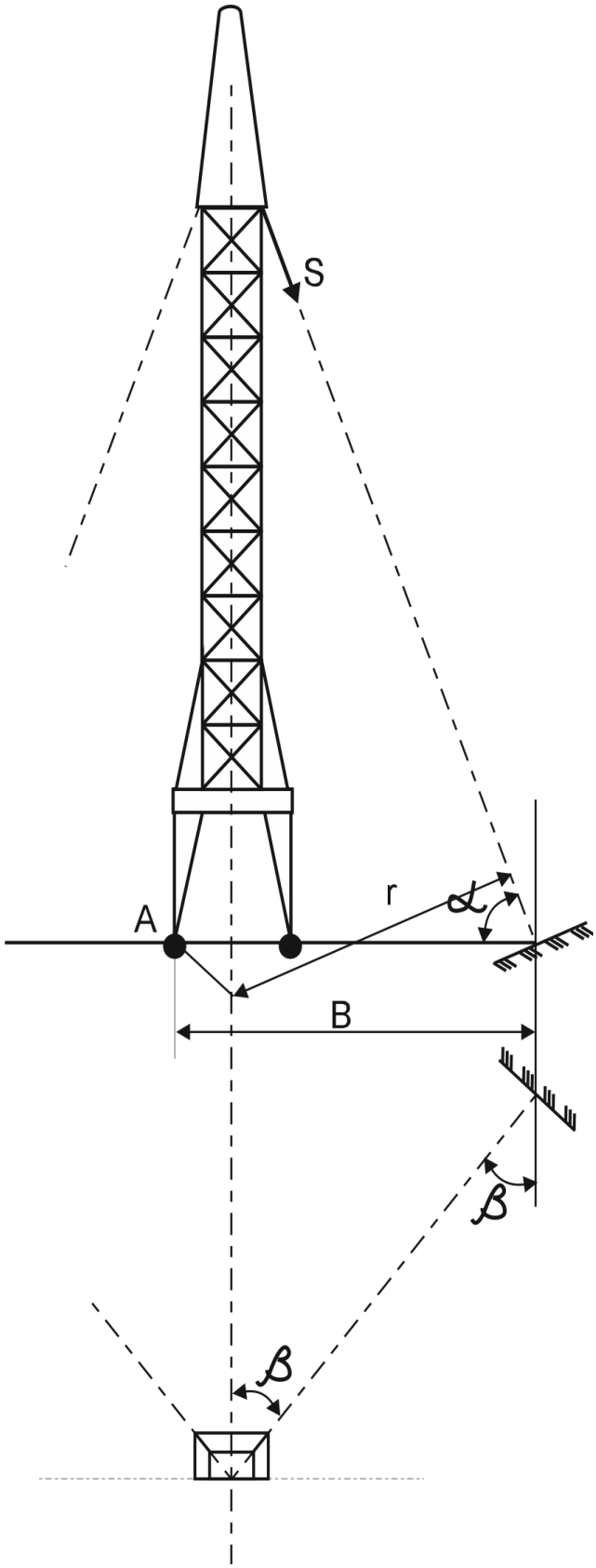


Рис. 4.2. Расчетная схема усилий в растяжках башенного крана

Расчетное давление ветра принимается по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*».

По известным параметрам усилие в расчалках определяется по формуле:

$$S = \frac{K_2 M_o - M_y}{r} = \frac{K_2 M_0 - M_y}{Bsih\alpha}, \text{ Н.} \qquad (4.2)$$

Усилие в одной расчалке определяется по формуле:

$$S_1 = \frac{S}{2\sin\beta}. \qquad (4.3)$$

Задача 2. Проверить грузовую устойчивость башенного крана с учетом дополнительных нагрузок и уклона пути при подъеме груза весом Q и определить максимальный вес (Q_{max}) поднимаемого груза на данном вылете крюка (рис.4.1). Исходные данные для расчета принять по таблице приложения 2.

Порядок расчета

1. Определяется коэффициент грузовой устойчивости башенного крана с учетом дополнительных нагрузок:

$$K_1^{расч} = \frac{G[(в + c)\cos\alpha - h\sin\alpha] - \frac{Qn^2 ah_1}{900 - n^2 H} - \frac{QV}{gt}(a - в) - W\rho - W\rho_1}{Q(a - в)}. \qquad (4.4)$$

2. Сравниваются полученные значения расчетного коэффициента грузовой устойчивости ($K_1^{расч}$) с допустимыми ($K_1^{доп.}$).

3. При невыполнении условия обеспечения устойчивости крана, т. е. при $K_1^{расч} < K_1^{доп.}$, производится определение веса наибольшего рабочего груза (Q_{max}) на данном вылете крюка, при котором сохраняется грузовая устойчивость крана. Для этого формула (4.4.) решается относительно Q:

$$Q_{max} = \frac{G[(в+c)\cos\alpha - h\sin\alpha] - W\rho - W_1\rho_1}{\{K_1^{доп} + [\frac{n^2 a h_1}{(900 - n^2 H)}] + \frac{V}{gt}\}(a - в)}, \text{ Н.} \qquad (4.5)$$

4. Повторно определяется коэффициент грузовой устойчивости $K_1^{расч}$ по формуле (4.4.) с уточненным значением веса поднимаемого груза Q_{max}.

5. Оценивается устойчивость башенного крана путем сравнения $K_1^{расч}$ с $K_1^{доп.}$ и делаются выводы.

Задача 3. Определить усилие в расчалках, удерживающих башенный кран от опрокидывания при действии на него ураганного ветра (рис.4.2). Исходные данные принять по таблице приложения 2, а значения ρ_2 и W_2 – по таблице приложения 3.

Порядок расчета

1. Определяется момент, создаваемый ветровой нагрузкой:

$$M_o = W_2\rho_2, \text{ Н·м.} \qquad (4.6)$$

2. Определяется момент, создаваемый весом всех частей крана относительно ребра опрокидывания А, с учётом уклона пути в сторону опрокидывания:

$$M_y = G[(в - c)\cos\alpha - h_1\sin\alpha], \text{ Н·м.} \qquad (4.7)$$

3. По известным параметрам определяются усилия в расчалках:

$$S = \frac{K_2 M_0 - M_y}{r} = \frac{K_2(W_2\rho_2) - G[(в - c)\cos\alpha - h_1\sin\alpha]}{B\sin\alpha}, \text{ Н,} \qquad (4.8)$$

где α – угол наклона расчалки на уровне земли, град;

C и B – расстояния от точек крепления расчалок на кране до их точки крепления на уровне земли (определяются методом подбора в зависимости от предельных усилий в расчалках), м;

K_2 – коэффициент собственной устойчивости, принимаемый равным 1.15.

4. Определяется усилие в одной расчалке по формуле:

$$S_1 = \frac{S}{2\sin\alpha}, \text{ Н.} \qquad (4.9)$$

5. Делается вывод.

5. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕСТКИХ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

Жесткие стреловые краны, такие как КБ-573, КБ-676-0, КБ-676-2, предназначены для возведения многоэтажных гражданских и промышленных зданий большой высоты (до 150 м и более). Башенные приставные краны в ряде случаев являются универсальными – самоподъемными и передвижными. При небольшой высоте они монтируются передвижными, а при большой – стационарными приставными.

Устойчивость жестких стреловых кранов обеспечивается путем загружения балластом рамы крана или креплением: к строящемуся зданию при помощи связей или к фундаменту с помощью анкерных болтов.

Расчет устойчивости жестких стреловых кранов производится для случая наиболее опасного положения стрелы в плоскости одного из подкосов (рис.5.1.).

Уравнение грузовой устойчивости жесткого стрелового крана имеет вид:

$$G_3 в = G_2 a - G_1 \frac{L}{2} - M_B \geq K_1 QL, \qquad (5.1)$$

где G_3 – вес противовеса или опорная реакция, Н;

a и $в$ – плечи сил, м;

G_2 – полный вес рамы крана, Н;

G_1 – вес стрелы и стрелового полиспаста, Н;

L – наибольший вылет крюка, м;

M_B – момент от действия ветра на поверхность крана и груза, Н·м;

K_1 – коэффициент собственной устойчивости (для кранов грузоподъемностью до 30 т – не менее 1.5, для кранов грузоподъемностью выше 30 т – не менее 1.4);

Q – предельный груз, поднимаемый краном на наибольшем вылете, с учетом веса грузового полиспаста, Н.

Задача 4. Проверить грузовую устойчивость жесткого стрелового крана, определив вес предельного груза, поднимаемого краном при наибольшем вылете крюка (Q), и вес противовеса (G_3). Исходные данные следует взять из таблицы приложения 5.

Порядок расчета

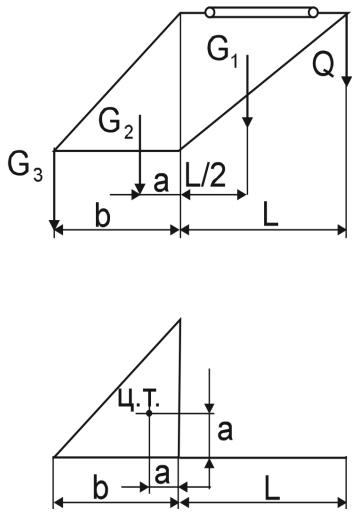


Рис.5.1. Расчетная схема устойчивости жесткого стрелового крана

1. Определяется момент от действия ветра на поверхность крана и груза:

$$M_B = W\rho + W_1\rho_1, \text{ Н·м.} \qquad (5.2)$$

2. Решая уравнение (4.1.) относительно (Q) определяется предельный вес груза:

$$Q = \frac{G_2 a - G_1(\frac{L}{2}) - M_в}{K_1 L}, \text{ Н.} \qquad (5.3)$$

3. Определяется вес противовеса по одной из формул:

$$G_3 = \frac{K_1 QL}{в}, \text{ Н} \qquad (5.4)$$

или

$$G_3 = \frac{G_3 a - G_1(\frac{L}{2})}{в}, \text{ Н.} \qquad (5.5)$$

4. Определяется грузовая устойчивость крана по формуле:

$$G_3 в = G_2 a - G_1 \frac{L}{2} - M_B \geq K_1 QL, \text{ Н·м.} \qquad (5.6)$$

5. Делаются выводы.

6. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

Проверка устойчивости козловых кранов на опрокидывание производится в нерабочем положении при действии ураганного ветра вдоль пути. Расчетное давление ветра принимается по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*».

Расчет устойчивости относительно точки опрокидывания (рис. 6.1.) производится по формуле:

$$K(W_1h_1 + W_2h_2 + ... + W_nh_n) \le (G_1 + G_2)a + 2G_3(в + c), \quad (6.1)$$

где K – коэффициент собственной устойчивости, принимаемый равным 1.15;

$W_1...W_n$ – давление ветра на отдельные части конструкции крана, Н;

G_1 – вес портала, Н;

G_2 – вес тележки и грузового полиспаста, Н;

G_3 – вес противовеса на одной тележке, Н;

$a, в, c, h_1, h_2$ – плечи сил относительно точки опрокидывания 0, м.

Задача 5. Проверить устойчивость козлового крана (рис.6.1), при воздействии на него ветра, динамическое давление которого составляет g_0=250 Па (Н/м^2); коэффициент учета изменения скоростного напора K_g=1.5; коэффициент заполнения для решетчатой конструкции крана составляет $a_{зап}$=0.35. Исходные данные для расчета следует принять из таблицы приложения 5.

Порядок расчета

1. Определяется площадь ригеля крана (F_1^*) и площадь жесткой ноги (F_2^*):

$$F_1^* = F_1 a_{зап}, \text{ м}^2, \quad (6.2)$$

$$F_2^* = F_2 a_{зап}, \text{ м}^2, \quad (6.3)$$

где F_1 – площадь, ограниченная ригелем крана;

F_2 – площадь, ограниченная жесткой ногой крана.

2. Давление ветра на ригель крана (W_1) и жесткую ногу (W_2) составляет соответственно:

$$W_1 = g_o K_g F_1^*, \text{ Н}, \quad (6.4)$$

$$W_2 = g_o K_g F_2^*, \text{ Н}. \quad (6.5)$$

3. Усилие при торможении крана, передвигающегося с грузом (T), составляет:

$$T = 0{,}1Q, \text{ Н}, \quad (6.6)$$

где $Q = Q_1 + Q_2$ (Q_1 – вес крана, Н; Q_2 – вес груза, Н).

4. При действии ветровой нагрузки кран будет стремиться опрокинуться вокруг колеса. Опрокидывающий момент от силы давления ветра на ригель составляет:

$$M_1 = W_1 h_1, \text{ Н·м}, \qquad (6.7)$$

где h_1 – расстояние от рельса до центра тяжести ригеля.

Опрокидывающий момент от силы давления на жесткую ногу составляет:

$$M_2 = W_2 h_2, \text{ Н·м}, \qquad (6.8)$$

где h_2 – расстояние от рельса до центра тяжести жесткой ноги.

Опрокидывающий момент от инерционных сил, возникающих при торможении, полагая, что силы действуют по оси ригеля, составляет:

$$M_3 = Th_1, \text{ Н·м}. \qquad (6.9)$$

Суммарный опрокидывающий момент определяется по формуле:

$$M_{опр} = M_1 + M_2 + M_3, \text{ Н·м}. \qquad (6.10)$$

5. Определяется расчетный удерживающий момент:

$$M_{удерж.} = Qh_3 \text{ Н·м}, \qquad (6.11)$$

где h_3 – плечо момента, равное половине расстояния между колесами, м.

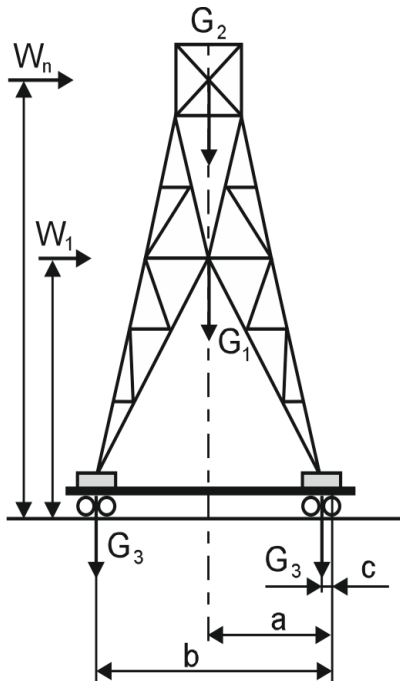


Рис.6.1. Расчетная схема устойчивости козлового крана

6. Определяется коэффициент грузовой устойчивости:

$$K_1 = \frac{M_{удерж}}{M_{опр}} \geq 1{,}4, \qquad (6.12)$$

где $K_1 \geq 1{,}4$ – допускаемое значение грузовой устойчивости крана, не учитывающее уклон пути.

Производится проверка козлового крана на собственную устойчивость в нерабочем состоянии при действии ураганного ветра силой 700 Па (Н/м^2) при аэродинамическом коэффициенте обдувания = 1.4: g =700·1.4=1000 Па (Н/м^2).

7. Опрокидывающий момент от действия ветра:

$$M_в = \frac{(M_1 + M_2)g}{g_o}, \text{Н·м}. \qquad (6.13)$$

8. Определяется удерживающий момент при собственном весе крана (Q_1):

$$M^*_{удерж} = Q_1 h_3 \text{, Н·м.} \qquad (6.14)$$

9. Коэффициент собственной устойчивости составляет:

$$K_2 = \frac{M^*_{удерж}}{M_в} \geq 1{,}15 \text{,} \qquad (6.15)$$

где $K_2 \geq 1{,}15$ – допустимое значение коэффициента собственной устойчивости козлового крана.

В расчете не учитывалось давление ветра на гибкую ногу и поднимаемый груз, поэтому расчетное значение коэффициента K_2 должно иметь достаточно большое превышение по отношению к допустимому.

10. Оцениваются расчетные значения коэффициентов K_1 и K_2, на основании которых делаются выводы об обеспечении устойчивости крана.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.1. Каковы причины, приводящие к потере устойчивости грузоподъемных кранов?
7.2. Какие операции должны быть выполнены до установки грузоподъемного крана на строительной площадке?
7.3. Как определяется предельный угол наклона грузоподъемного крана?
7.4. Какие требования предъявляются к устройству земляного полотна под крановые пути?
7.5. Какими устройствами оборудуются крановые пути?
7.6. Какие условия должны выполняться при подъеме и перемещении грузов во избежание потери устойчивости грузоподъемного крана?
7.7. Какие действия должны быть выполнены стропальщиком до подъема груза во избежание потери устойчивости грузоподъемного крана?
7.8. Как определяется масса перемещаемого груза при отсутствии соответствующей маркировки на грузе?
7.9. Укажите основные требования, учитываемые при подборе строп для подъема грузов.
7.10. Как определяется «опорный контур» свободно стоящего на рабочей площадке стрелового крана?
7.11. Как определяется «опорный контур» башенного крана?
7.12. Что такое «ребро опрокидывания» крана?
7.13. Какие силы, воздействующие на грузоподъемный кран, учитываются при расчете его устойчивости?
7.14. Какие силы, воздействующие на грузоподъемный кран, стремятся его опрокинуть?
7.15. Какие силы, воздействующие на грузоподъемный кран, удерживают его от опрокидывания?
7.16. Что такое «грузовая устойчивость» грузоподъемного крана?
7.17. Что такое «собственная устойчивость» грузоподъемного крана?
7.18. Укажите условие обеспечения грузовой устойчивости грузоподъемного крана.
7.19. Какими коэффициентами характеризуется степень устойчивости грузоподъемного крана в рабочем и нерабочем состоянии?
7.20. Укажите порядок расчета грузовой и собственной устойчивости стрелового крана.
7.21. Укажите порядок расчета устойчивости башенного крана.
7.22. Как определяется усилие в расчалках, удерживающих кран от опрокидывания при воздействии на него ураганного ветра?
7.23. Укажите порядок расчета устойчивости жестких стреловых кранов.
7.24. Укажите порядок расчета устойчивости козлового крана.

Приложение 1

Исходные данные к задаче 1

Исходные данные	Варианты									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модель крана	КС-2561К	КС-1562А	КС-2561Д	СМК-40	МКП-25А	МКТ-40	МКГ-16М	СКГ-40153	КС-5473	КС-5473
Длина стрелы (**L**), м	8,0	10,0	8,0	10,0	14,1	15,0	10,0	15,0	20,0	10,0
Q, Н	16000,0	15000,0	10000,0	20000,0	134000,0	10000,0	85000,0	91000,0	95000,0	25000,0
G, Н	95000,0	40000,0	88000,0	146500,0	356000,0	441000,0	300000,0	646000,0	290000,0	290000,0
α, град: – на выносных опорах;	1,5	1,5	-	1,5	1,5	3	-	-	1,5	1,5
– без выносных опор	1,5	1,5	3	1,5	1,5	3	3	3	1,5	1,5
n, мин$^{-1}$	0,1-2,5	0,075-2,5	0,3-2,5	1,0-1,6	0-1	0,37-2,4	0,3-1,7	0,3-1,3	0,1-2,5	0,1-2,5
t, с	5	7	10	9	8	10	6	10	8	8
a, м	7,0	6,0	8,0	9,5	6,0	4,6	6,0	12,0	4,2	3,2
в, м: - на выносных опорах;	1,8	1,65	-	2,1	2,3	2,5	-	-	2,59	2,59
– без выносных опор	0,9	1,2	1,25	1,2	1,6	2,07	1,61	2,05	1,25	1,25

Приложение 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
c, м	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,25	0,2	0,4	0,2	0,2
h_1, м	1,7	1,7	1,85	1,9	2,0	2,1	1,6	1,9	1,8	1,8
h, м	5.5	6,0	8,0	6,0	13,1	15,3	9,2	9,5	19,3	10,0
H, м	5,1	5,3	7,0	5,5	12,5	14,5	8,4	9,0	18,5	9,5
F_1^*, м^2	9,163	8,21	9,13	11,86	12,8	17,39	10,3	16,3	9,28	9,28
F_2^*, м^2	7,2	7,0	6,55	8,945	10,33	12,00	6,70	12,94	12,00	6,50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
F_1^{**}, м^2	8,213	6,555	7,3	9,515	10,24	13,91	8,24	13,04	7,424	7,424
F_2^{**}, м^2	5,76	5,6	5,24	7,156	8,264	9,6	5,36	10,35	9,6	4,9
Район строительства	II	I	III	IV	I	II	III	IV	II	IV
Тип местности (открытая – А, покрытая препятствиями – Б)	А	Б	А	Б	А	А	Б	Б	А	Б

Приложение 2

Исходные данные к задачам 2 и 3

Исходные данные	**В а р и а н т ы**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модель крана	КБ-302	КБ-100.3	КБ-308А-2	КБ-403	КБ-503А	КБ-602	КБ-674А	КБ-674А-3	КБ-674А-4	КБ-674А-10
α, град	1,5	1,3	1,35	1,42	1,25	1,45	1,25	1,3	1,4	1,35
G, Н	512000	844000	848000	805000	1450000	1870000	2110000	2290000	2484000	2228000
Q, Н	50000	51000	60000	80000	120000	20000	25000	135000	155000	50000
V, м/с	0,21	0,4	0,8	0,37	0,5	0,3	0,4	0,7	0,8	1,0
n, мин$^{-1}$	0,6	0,7	0,77	0,6	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
t, сек	5	7	6	4	8	10	12	13	14	15
W, Н	1000	1500	1400	1680	1800	2400	2700	3050	3420	2000
W_1, Н	500	750	725	850	920	1340	1310	1540	1710	1020
ρ, м	10	20	16	25	30	36	23	29	40	24
ρ_1, м	21	40	30,8	50	60	72	46	59	80	47
h, м	10	20	16	25	30	36	23	29	40	24
h_1, м	21	40	30.8	50	60	72	46	59	80	47
H, м	20.8	39.7	30.6	49.8	59.7	71.7	45.8	58.7	79.7	46.7
а, *м*	20	25	25	20	30	20	10	20	25	66
в, м	2,0	2,25	3,0	3,0	4,0	4,0	3,25	3,25	3,25	3,25
с, м	0,3	0,32	0,42	0,42	0,57	0,57	0,46	0,47	0,45	0,48
$K_1^{доп}$	1,2	1,15	1,37	1,54	1,43	1,19	1,95	1,97	1,87	1,94

Приложение 3

Исходные данные к задаче 3

Исходные данные	Варианты									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
W_2, Н·	70000	60000	108000	57300	120000	115000	190000	150000	105000	187000
ρ_2, м	10	20	16	25	30	36	23	29	40	24

Приложение 4

Исходные данные к задаче 4

Исходные данные	Варианты									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Модель крана	КБ-676-0		КБ-676-1			КБ-676-2		КБ-676-3		
W, Н	1200	1350	1480	1530	1460	1270	1190	1275	1348	1518
W_1, Н	530	700	650	780	520	635	595	710	845	735
ρ, м	114	110	145	150	110	115	120	105	112	118
ρ_1, м	57	55	73	75	55	78	60	55	60	67
a, м	10,00	11,25	8,55	9,9	8,325	10,8	11,25	6,75	7,20	7,875
$в$, м	40,0	45,0	34,2	39,6	33,3	43,2	45,0	27,0	28,0	31,49
L, м	45	50	38	44	37	48	50	30	32	35
G_1, Н	337500	326250	390000	395000	410000	422500	412000	380000	363600	382700
G_2, Н	1012500	1023750	1170000	1165000	1230000	1217500	1228000	1140000	1156400	1137300
K_1	1,5	1,55	1,53	1,60	1,7	1,7	1,65	1,8	1,73	1,68

Приложение 5

Исходные данные к задаче 5

Исходные данные	**В а р и а н т ы**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Модель крана	К-505	К-182	К-305Н	К-405	К-451	К-253	К-183-2М	К-308	К-309	К-451М
Q_1, Н	744000	690000	600000	518000	720000	771000	880000	696000	803000	800000
Q_2, Н	470000	160000	230000	37500	425000	225000	160000	290000	275000	600000
F_1, м^2	87,05	173,46	131,07	102,2	146,17	225,16	212,17	134,172	168,66	194,7
F_2 м^2	24,95	31,4	28,15	27,29	56,25	64,93	65,00	39,95	65,64	79,75
h_1, м	14,79	14,83	14,81	14,90	27,85	27,60	28,715	22,337	24,975	30,75
h_2, м	8,815	8,873	8,84	8,962	17,167	16,83	17,83	13,82	15,33	18,83
h_3, м	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6

,

Приложение 6

Пример расчета

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БАШЕННОГО КРАНА КБ-405.1

1. Проверить грузовую устойчивость крана с учетом дополнительных нагрузок и уклона пути при подъеме груза весом Q=32000 Н и определить максимальный вес (Q_{max}) возможного поднимаемого груза на данном вылете крюка (рис.4.1.).

Порядок расчета

Определяем коэффициент грузовой устойчивости башенного крана с учетом дополнительных нагрузок :

$$K_1^{расч} = \frac{G[(b+c)\cos a - \sin a] - \frac{Qn^2 ah_1}{900 - n^2 H} - \frac{QV}{gt}(a-b) - Wp - Wp_1}{Q(a-b)} =$$

$$= \frac{805000[(3+0.42)\cos 1.42 - \sin 1.42] - \frac{80000*0.6^2*20*50}{900-0.6^2*49.8} - \frac{80000*0.37}{9.8*4}*(20-3) - 1680 - 850}{80000*(20-3)} =$$

= 1,5> 1, 15.

Вывод: Условие грузовой устойчивости выполняется, данный башенный кран можно использовать для монтажа конструкций.

2. Определить усилия в расчалках, удерживающих башенный кран от опрокидывания при действии на него ураганного ветра.

Порядок расчета

Определяем момент, создаваемый ветровой нагрузкой:

M_0= $W_{2P2,}$ Н*м. = 57300*25=1432.5 кН*м.

Определяем момент , создаваемый весом всех частей крана относительно ребра опрокидывания А, с учетом уклона пути в сторону опрокидывания:

*M_Y=G[(b-c)cosa – $h_1$sina], Н*м.=80500[(3-0.42)*0.15-0.98]= 311.5 кН-м.*

По известным параметрам определяем усилия в расчалках.

Казань расположена во втором ветровом районе по скоростному напору ветра. Нормативное значение ветрового давления W_0 = 0.3 кПа.

Для заданного типа местности – В - с учетом коэффициента k получим следующие значения ветрового давления по высоте здания: до 5м W_5 = 0,5*0,3 = 0,15 кПа; до 10м W_{10} = 0,65*0,3 = 0,195 кПа; lдо 20м W_{20} = 0,85*0,3 = 0,225 кПа

$$S = \frac{K_2 M_0 - M_y}{r} = \frac{K_2 (W_{2P2}) - G[(b-c)\cos a - h_1 \sin a]}{B \sin a} =$$

$$= \frac{1.15*0.9-500}{10} = \frac{1.15*1432500-805000[2.58*0.15-0.98*50]}{12.25} = = 2998 \text{ кН},$$

где а – угол наклона расчалки на уровне земли, град.; с и b – расстояния от точек крепления расчалок на кране до их точки крепления на уровне земли (определяются методом подбора в зависимости от предельных условий в расчалках), м; K_2 – коэффициент собственной устойчивости, принимаемой равным 1,15 .

Определяется усилие в одной расчалке по формуле:

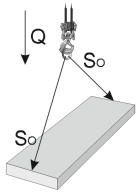
$$S_1 = \frac{S}{2\sin a}, \text{ кН},$$

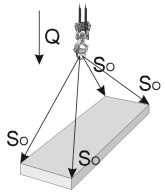
$$S_1 = \frac{2998}{1.96} = 1529.6 кН .$$

Вывод. По найденному усилию подбираем для расчалок стальной канат требуемого сечения.

Приложение 7

ПОДБОР СТРОПА ДЛЯ ОБВЯЗКИ ГРУЗА



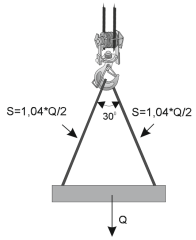


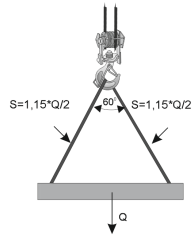
Вес подни-маемого груза Q, кгс	Нагрузка на одну ветвь стропа в кгс при угле застроповки α_o				Нагрузка на одну ветвь стропа в кгс при угле застроповки α_o			
	0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°
100	50	51	57	71	33	34	38	47
200	100	103	115	142	67	69	77	95
250	125	129	144	177	83	85	98	118
500	250	257	287	335	167	172	192	237
750	375	386	431	532	250	257	287	355
1000	500	515	575	710	333	343	383	473
1500	750	772	862	1065	500	515	575	710
2000	1000	1030	1150	1420	667	687	767	947
2500	1250	1287	1437	1775	833	858	958	1183
3000	1500	1545	1725	2130	1000	1030	1150	1420
4000	2000	2060	2300	2840	1333	1375	1533	1893
5000	2500	2575	2875	3550	1667	1717	1917	2357
6000	3000	3090	3450	4250	2000	2060	2300	2840
7000	3500	3605	4025	4970	2333	2403	2683	3313
8000	4000	4120	4600	5680	2667	2747	3067	3787
9000	4500	4535	5175	6390	3000	3090	3450	4260
10000	5000	5150	5750	7100	3333	3433	3833	4733

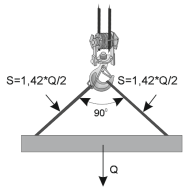
Примечания:

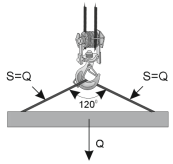
Определение усилий в канатах и цепях двух-, трех- и четырехветвевых стропов при отсутствии дополнительных требований производят исходя из условия, что углы между ветвями не превышают 90° .

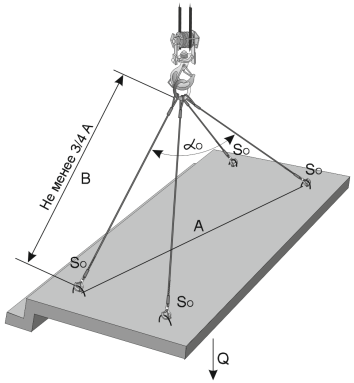
Расчет трех- и четырехветвевых стропов при отсутствии гарантии равномерности распределения нагрузок между ветвями производят исходя из условия, что груз удерживается только двумя ветвями (п.п. 2.1.3, 2.1.4 [9]).











При застроповке груза, вес которого превышает табличный, нагрузка So определяется по формуле:

$$So = \frac{Q \times K_{\alpha}}{m \times K_{н}}$$

m - количество ветвей стропа
при m<4 $K_н$=1,0
при m≥4 $K_н$=0,75

α_o	0°	30°	60°	90°
K_{α}	1	1.03	1.15	1.42

Пример: подобрать строп для застроповки груза весом Q=1000 кгс (одним стропом, двумя стропами) при угле застроповки α_o=60 град.
Нагрузка на одну ветвь стропа So=575 кгс.
Выбираем строп грузоподъемностью не ниже 575 кгс.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЕРЕМЕЩАЕМОГО ГРУЗА

Таблица 1

Материал	Плотность, кг/м^3
Железо	7800-7850
Алюминий	2550-2700
Сталь	8100
Чугун белый	7580-7730
Чугун серый	7030-7130
Бетон, железобетон	1800-2500
Кирпич глиняный пустотелый	1300-1450
Камни керамические пустотелые стеновые	1350-1450
Сосна, ель: сухие влажные	 310-760 400-1100
Береза, дуб: сухие влажные	 690-1030 770-1280
Гранит	2400-3000
Стекло	2600-2700

1. При отсутствии данных о массе груза ее следует определить по формуле:

$$Q = mV$$

Где Q - масса груза;
m - плотность;
V - объем груза.

Плотность наиболее часто встречающихся материалов приведена в табл. .

2. При строповке груза необходимо знать положение его цент ра тяжести.
3. Центр тяжести грузов, имеющих простые геометрические формы (трубы, блоки и т д.) Совпадает с их геометрическим центром (рис. 1-2).

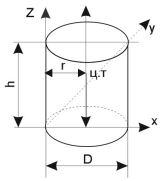


Рис. 1 Объем цилиндра V=3.14rh

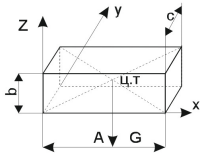


Рис. 2 Объем прямоугольного параллелепипеда V=абс

4. Центр тяжести грузов (X), имеющих сложную геометрическую форму (рис. 3) определяется по формуле:

$$X = (Q_1X_1 + Q_2X_2)/Q$$

где Q_1 и Q_2 - масса отдельных элементов груза;
X_1 и X_2 - расстояние от центра тяжести отдельного элемента груза до плоскости, проходящей через одну из крайних точек груза и перпендикулярной оси;
Q - общая масса груза.

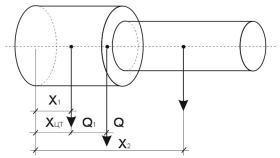


Рис.3 Расчетная схема определения положения центра тяжести груза

5. Следует обращать внимание на упаковку груза с использованием манипуляционных знаков, так как на ней указывается место центра тяжести груза, если он не совпадает с геометрическим цент ром груза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. ПБ 10-382-00 (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 31 декабря 1999 г. N 98 с изменениями в ред. Приказа Ростехнадзора от 28.10.2008 N 849-а от 28.10.2008 г.). – М.: ДЕАН, 2009. – 272 с.

2. ГОСТ 1451-77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 17 с.

3. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. - М.: изд. ОАО «ЦПТ». – 2011.

4. ГОСТ Р 51248-99. Пути наземные рельсовые крановые. Общие технические требования.

5. СП 12-103-2002. Пути наземные рельсовые крановые. Проектирование, устройство и эксплуатация.

6. РД 11-06-2007. Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ.

7. МДС 12-19.2004. Механизация строительства. Эксплуатация башенных кранов в стесненных условиях.

8. МДС 12-44.2008. Рекомендации по составлению проекта производства работ на устройство рельсового пути башенного крана.

9. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

10. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

11. Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов. ПОТ РМ-007-98.

12. ГОСТ 12.3.009-76* "ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности".

13. Александров М.П. Грузоподъемные машины. – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 552 с.

14. Наварский Ю. В. Учебно-методическое пособие. Грузоподъемные машины. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 100 с.

15. Стреловые самоходные краны. Часть 1. Краны автомобильные. Краны на шасси автомобильного типа. – М.: АООТ ПКТИпромстрой, 1996.

16. Орлов Г.Г., Булыгин В.И. и др. Инженерные решения по охране труда в строительстве. Справочник строителя. – М.: Стройиздат, 1985. – с. 12 – 17.

17. Золотницкий Н.Д., Гнускин А.М. и др. Инженерные решения по технике безопасности в строительстве. – М.: Стройиздат, 1969. – с. 190 – 200.

18. Филиппов Б.И. Охрана труда при эксплуатации строительных машин. – М.: Высшая школа, 1984. – с. 140 – 145.

19. Станевский В.П., Моисеенко В.Г. Колесник Н.П., Кожушко В. Строительные краны. Справочник. – Киев.: Будивельник, 1989. – с. 5 – 84, 127 – 137.

20. Зайцев Л.В., Улитенко И. П. Строительные стреловые самоходные краны. – М.: Машиностроение, 1984. – 247с.

21. Невзоров Л.А., Пазельский Г.Н., Романюха В.А. Строительные башенные краны. – М.: Высшая школа, 1986. – с. 4 – 12.

22. Требования к устройству и безопасной эксплуатации рельсовых путей козловых кранов. РД 10-117-95.

23. РД 10-525-03. Рекомендации по проведению испытаний грузоподъемных машин. Введен в действие с 01.03.03. – М.: ПИО ОБТ, 2003.

24. ГОСТ 27555-87 (ИСО 4306-1-1985). Краны грузоподъемные. Термины и определения (ИСО 4306-1:1985 «Подъемные устройства – Словарь терминов. Часть 1: Общие положения», MOD).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ.
УСТОЙЧИВОСТЬ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Методические указания
к практическим занятиям

Составители:
Кашина Светлана Георгиевна
Шарафутдинов Дамир Камилович

Редактор Е.А.Кириллович

Издательство
Казанского государственного архитектурно-строительного университета
Подписано в печать 31.10.12 Формат 60x84/16
Заказ 480 Бумага тип № 1 Усл.-печ.л. 2,5
Тираж 100 экз. Печать ризографическая Усл.-изд.л. 2,5
Отпечатано в полиграфическом секторе
Издательства КГАСУ
420043, Казань, Зеленая, 1.